



Mediciones de seguridad en Instalaciones eléctricas de baja tensión

Marco Cornelio
Ingeniero de Aplicaciones
Logytec





Estadísticas en Lima, Callao e Ica de incendios por cortocircuito





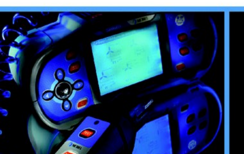
CUERPO GENERAL DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERU
COMANDO NACIONAL

ESTADISTICA DE EMERGENCIAS ATENDIDAS A NIVEL LIMA, CALLAO E ICA
TIPO DE EMERGENCIA - 2017

TIPO DE EMERGENCIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
INCENDIO	538	445	426	413	406	338	356	382	407	373	449	620	**5153**
FUGA DE GAS	331	320	347	230	263	273	282	272	274	307	246	276	**3421**
EMERGENCIAS MEDICAS	4289	3265	3553	3928	3732	3515	4079	3775	3418	3442	3104	3144	**43244**
RESCATES	202	180	224	163	164	134	140	153	154	131	155	190	**1990**
DERRAME DE PRODUCTOS	1	1	3	2	2	0	5	2	1	2	1	0	**20**
CORTO CIRCUITO	227	187	233	141	116	100	129	107	140	155	131	120	**1786**
SERVICIO ESPECIAL	90	117	88	129	136	119	210	126	141	188	185	129	**1658**
ACCIDENTES VEHICULAR	559	533	525	541	518	490	530	680	634	650	597	751	**7008**
FALSA ALARMA	13	4	12	19	9	10	10	8	4	10	11	7	**117**
DESASTRES NATURALES	47	17	116	2	0	0	1	1	0	0	1	1	**186**
TOTAL	**6297**	**5069**	**5527**	**5568**	**5346**	**4979**	**5742**	**5506**	**5173**	**5258**	**4880**	**5238**	**64583**

Estadisticas procesada el 31/12/2017 a las 2:0 al 100%
FUENTE: CUERPO GENERAL DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERÚ

$$\%\ Incendio\ por\ CC = \frac{1786}{5153} x100\% = 34.7\%$$





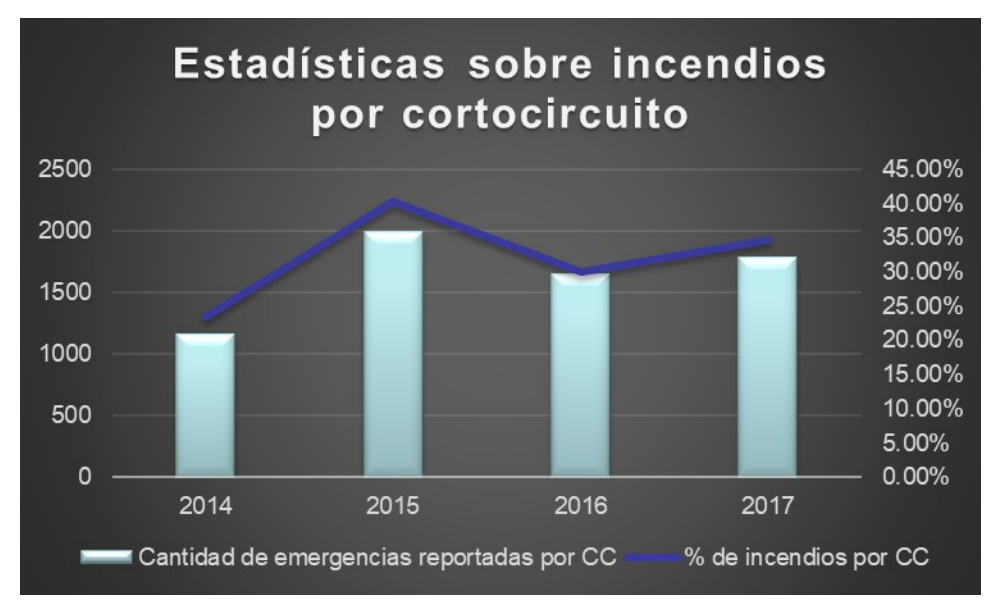






Estadísticas en Lima, Callao e Ica de incendios por cortocircuito

Año	Cantidad de emergencias reportadas por CC	% de incendios por cortocircuitos
2014	1161	23.50%
2015	1991	40.30%
2016	1654	30.10%
2017	1786	34.70%





Más de 500 incendios solo en enero, 40% por cortocircuitos

Unas 110 mil viviendas en Lima tienen instalaciones eléctricas inadecuadas. Construcciones informales empeoran el problema

Fuente: El comercio 30-01-2017











ediciones de seguridad en Instalaciones de Baja Tensión

METREL®

Norma Técnica Peruana 370.304 2017

"Esta Norma Técnica Peruana establece la aplicación de las mediciones para garantizar la seguridad mediante la verificación inicial previa a la puesta en servicio y verificación periódica de las instalaciones eléctrica en ***edificaciones para viviendas unifamiliares y multifamiliares****".*

NORMA TÉCNICA PERUANA | NTP 370.304 2012 (revisada el 2017)

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27) | Lima, Perú

INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICACIONES PARA VIVIENDAS. Verificación inicial y periódica

ELECTRICAL INSTALLATIONS OF BUILDINGS. Initial and periodic verification

2017-11-29
2ª Edición

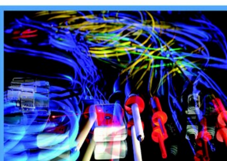
Pruebas:

- ✓ **Continuidad de los conductores de protección y de las uniones equipotenciales.**
- ✓ **Resistencia de aislamiento de la instalación eléctrica.**
- ✓ **Protección por separación de circuitos (resistencia de aislamiento).**
- ✓ **Verificación de la desconexión automática de la alimentación.**
  - **- Medición de resistencia de puesta a tierra.**
  - **- Medición de la impedancia de bucle de falla.**
  - **- Verificación del funcionamiento de los dispositivos de corriente residual.**
- ✓ **Ensayo de polaridad.**
- ✓ **Ensayos funcionales.**









ediciones de seguridad en Instalaciones de Baja Tensión

METREL®

	Requisistos y pruebas	Exigencia de la norma NTP 370.304	Equipo MI 3152/3102BT
1	Los instrumentos de medición de medición y equipos de monitoreos y los métodos deben ser seleccionados de conformidad con las partes correspondientes a la norma IEC 61557.	Los instrumentos de medición de medición y equipos de monitoreos y los métodos deben ser seleccionados de conformidad con las partes correspondientes a la norma IEC 61557.	Cumple con la normativa IEC 61557
2	Realizar pruebas de continuidad de los conductores de protección y de las uniones equipotenciales principales y suplementarias.	Es recomendable hacerlo con una fuente entre 4V y 24V vacío, en CC ó AC, con una intensidad mínima 200mA.	Cumple, fuente de tensión en vacío 6,5 VDC hasta 18VDC, con una corriente mínimo 200mA.
3	Realizar pruebas de resistencia de aislamiento de la instalación eléctrica.	La medición se debe efectuar en CC, y debe ser capaz de suministrar tensión hasta 500V y una corriente de 1mA	Cumple, 50V, 100V, 250V, 500V y 1000VDC, corriente mínima de 1mA hasta 3mA.
4	Verificación de la desconexión automática de la alimentación, para sistemas IT	a) Cálculo de la primera corriente de falla en concordancia a la norma IEC 60364-4-41. b) Verificación del cumplimiento de los requisitos mínimos relacionados con una segunda falla, medición de impedancia de bucle.	Cumple la normativa IEC 60364-4-41 y puede medir la impedancia de bucle.
5	Medición de la resistencia de puesta a tierra	Puede ser realizada utilizando un instrumento de medición que cumpla con los requerimientos de la norma técnica IEC 61557-5.	Cumple con la normativa IEC 61557-5 y mide la resistencia de puesta a tierra
6	Medición de la impedancia de bucle de falla	Debe cumplir con los requerimientos del apartados pertenecientes a la norma IEC 60364-4-41	Cumple con la normativa IEC 60364-4-41 y mide la impedancia de bucle de falla
7	Verificación del funcionamiento de los dispositivos de corriente residual (RCD)	Se debe verificar el funcionamiento de los RCD mediante un instrumento que cumpla los requerimientos de la norma IEC 61557-6	Cumple con la normativa IEC 61557 y realiza pruebas a los RCD
8	Ensayo de polaridad	"Cuandos las normas prohiben la instalación de dispostivos de corte unipolares sobre el conductor neutro, debe efectuarse un ensayo de polaridad para verificar que estos dispositivos son instalados únicamente sobre le conductor de fase".	El equipo es capaz de dar una alerta sonora cuando el conductor de tierra tenga tensión, siendo la causa más probable que el conductor fase se haya invertido con el conductor de tierra.
9	Ensayos de funcionamiento	"El conexionado de aparatos, motores y sus auxiliares, accionamientos, bloqueos, etc., deben someterse a un ensayo funcional, con el fin de verificar, que se han montado correctamente, regulados e instalados conforme a los requerimientos de esta NTP".	En el ensayo de funcionamiento, el equipo puede determinar mediciones adicionales como corriente, tensión, secuencia de fase, armónicos de corriente, armónicos de tensión, potencia activa, reactiva y aparente, estos son factores importantes que complementan el buen funcionamiento de los equipo.



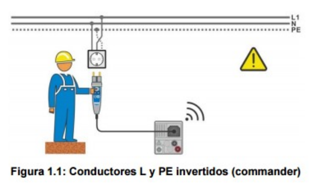
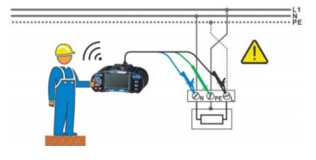
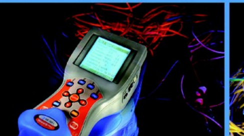


Figura 1.1: Conductores L y PE invertidos (commander)



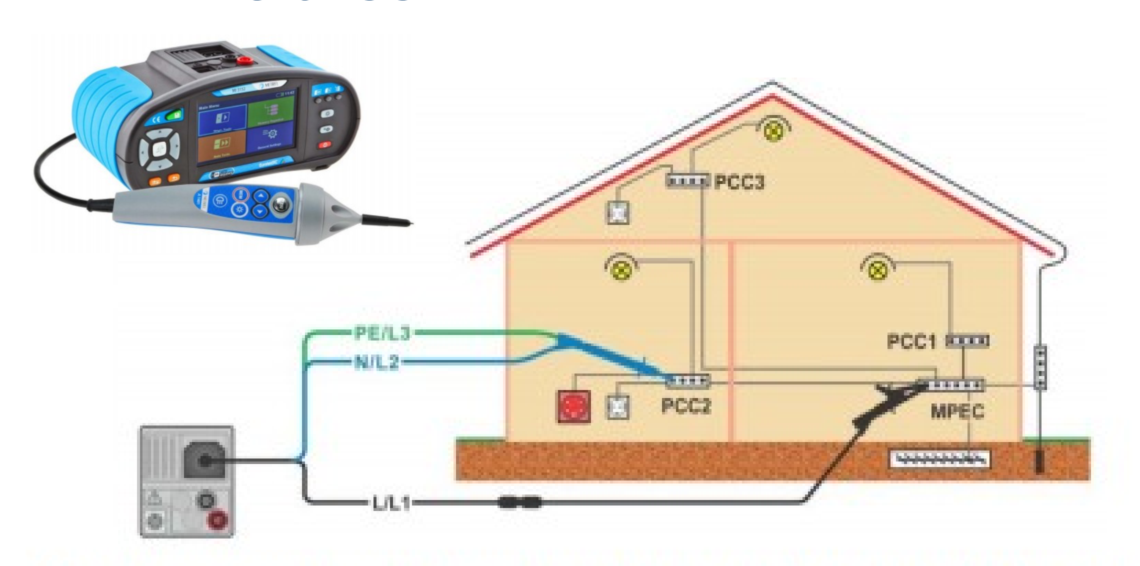







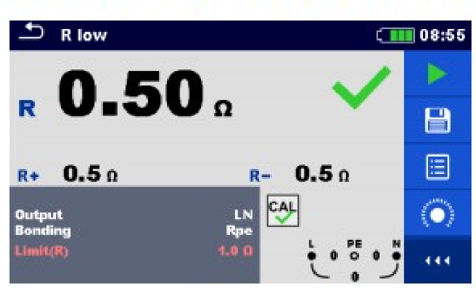


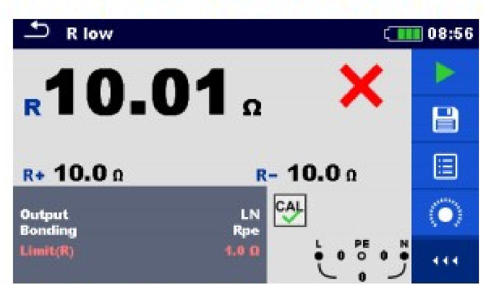
Medición de continuidad
IEC 61557-4



	NTP 370.304	Equipo Metrel
1) Tensión de ensayo en vacío CC/AC	4V a 24V	6.5V a 18 Vcc
2) Intensidad mínima	0.2A	Mín 0.2A
3) Límites para ensayo PASA/NO PASA	--	Sí
4) Botón de ayuda para realizar las medidas	--	Sí

Conexión de una punta de prueba de tres cables y cable de extensión opcional





Beneficios:
-Evita la aparición de tensiones peligrosas.
-Si hay conexiones en mal estado, por ejemplo oxidadas, éstas pueden actuar como elementos galvánicos, cuya resistencia depende de su polaridad (como un diodo) es por ello que la norma exige que los instrumentos tengan ambas polaridades.



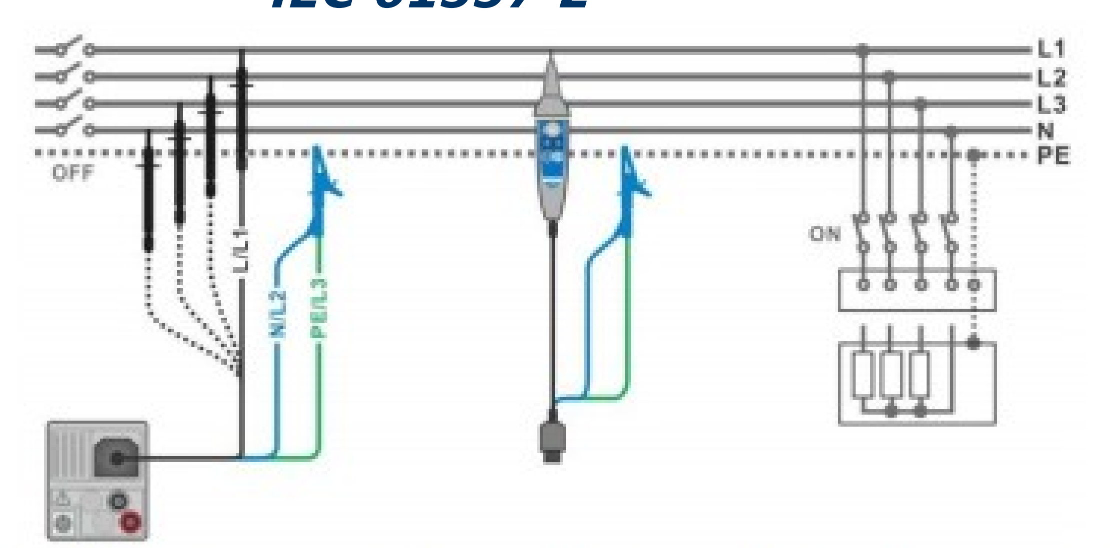







Medición de resistencia de aislamiento

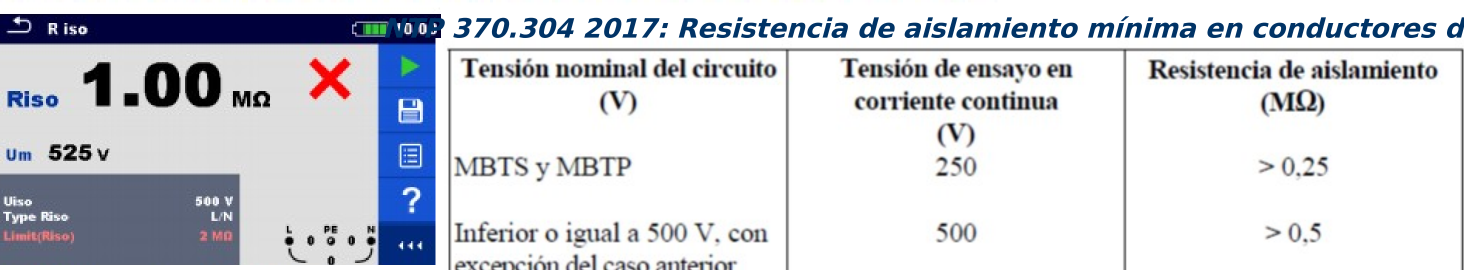
IEC 61557-2



Conexión de una punta de prueba de tres hilos y el commander

	NTP 370.304	Equipo Metrel
1) Tensión de ensayo CC	250V / 500V	50V, 100V, 250V, 500V y 1000V
2) Rango de resistencia de aislamiento	>0.25 MΩ / >0.50 MΩ	0.01 MΩ hasta 999 MΩ
3) Límites para ensayo PASA/NO PASA	--	Sí
4) Botón de ayuda para realizar las medidas	--	Sí





NTP 370.304 2017: Resistencia de aislamiento mínima en conductores d

Tensión nominal del circuito (V)	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
MBTS y MBTP	250	> 0,25
Inferior o igual a 500 V, con excepción del caso anterior	500	> 0,5





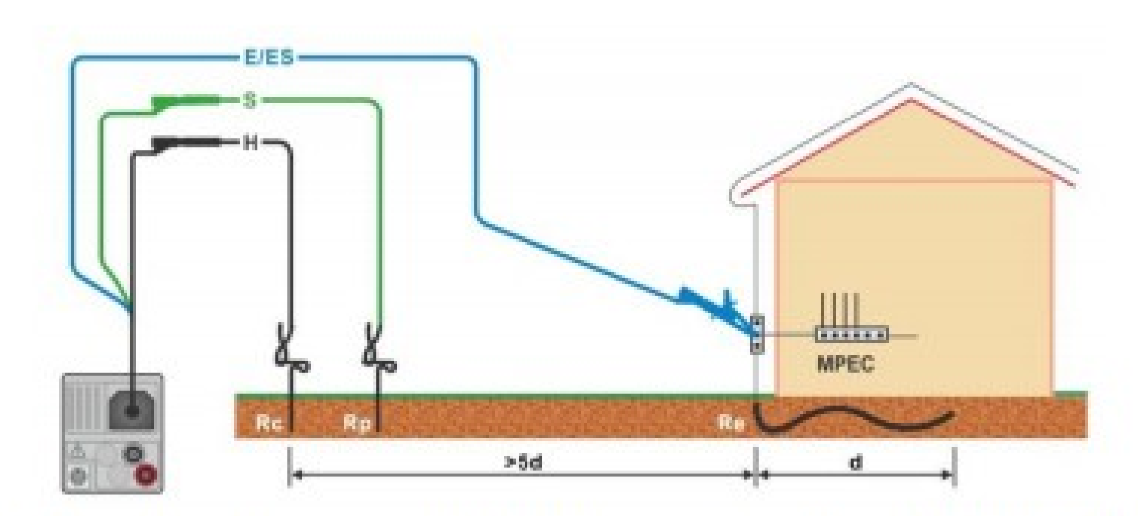






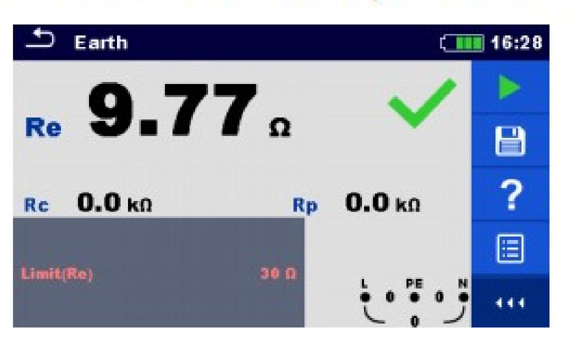
Medición de resistencia de puesta a tierra

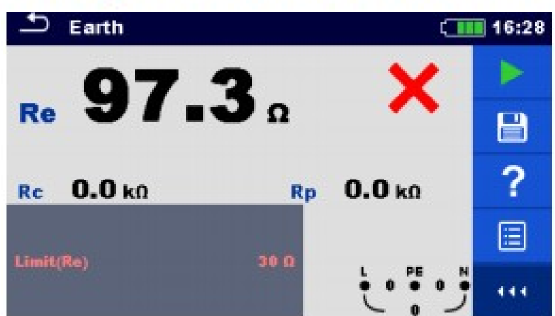
IEC 61557-5



	NTP 370.304	Equipo Metrel
1) Aplica método caída de potencial	Sí	Sí
2) Resistencia de puesta a tierra	Máx 25Ω	0.01Ω hasta 9, 999Ω
3) Límites para ensayo PASA/NO PASA	--	Sí
4) Botón de ayuda para realizar las medidas	--	Sí

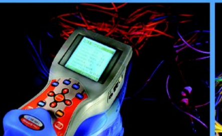
Resistencia a tierra, medición de la puesta a tierra de la instalación principal





NTP 370.304 2017 y CNE

El valor de la resistencia de la puesta a tierra debe ser tal que, cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a las permitidas y no debe ser mayor a 25 Ohms, cumpliendo con los requerimientos especificados por la autoridad competente[9].



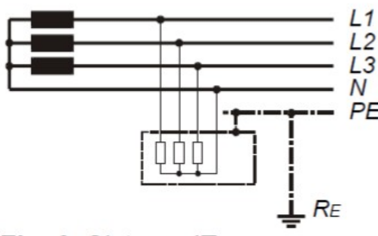





Tipo de sistemas de puesta a tierra y pruebas



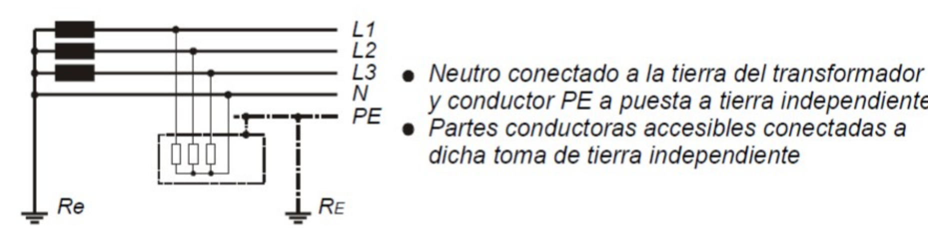
e) Sistema IT



- *Neutro no está puesto a tierra*
- *Partes conductoras accesibles a puesta a tierra independiente*

Fig. 6. *Sistema IT*

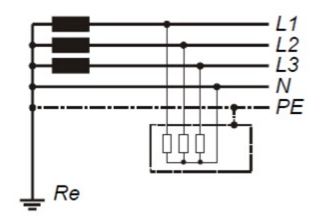
d) Sistema TT



- *Neutro conectado a la tierra del transformador y conductor PE a puesta a tierra independiente*
- *Partes conductoras accesibles conectadas a dicha toma de tierra independiente*

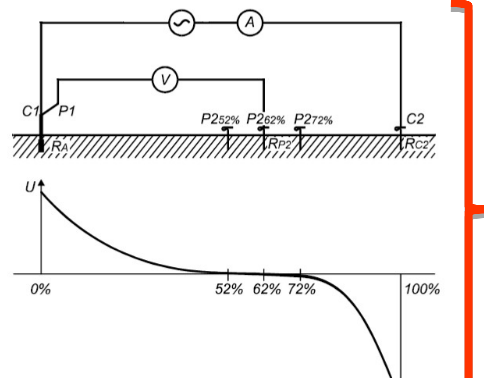
Fig. 5. *Sistema TT*

b) Sistema TN-S

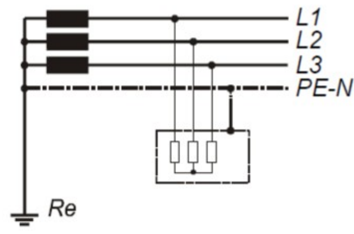
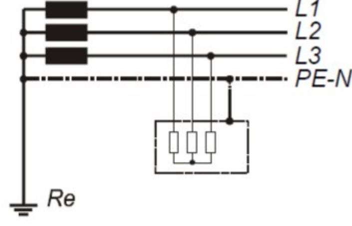


- *Neutro y conductor de tierra conectados a la tierra del transformador por separado*
- *Partes conductoras accesibles conectadas al conductor de tierra*

Fig. 3. *Sistema TN-S*



a) Sistema TN-C

- *Neutro y conductor de tierra comunes, conectados a la tierra del transformador*
- *Partes conductoras accesibles conectadas a dicho conductor común PE-N*

Fig. 2. *Sistema TN-C*

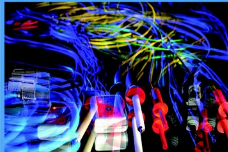
Para la prueba se usa el método de caída de potencial
Ó método del 61.8%

***) Nota: La distancia de separación entre la puesta a tierra y la pica de corriente es 5 veces la profundidad del electrodo ó la diagonal de la malla.**





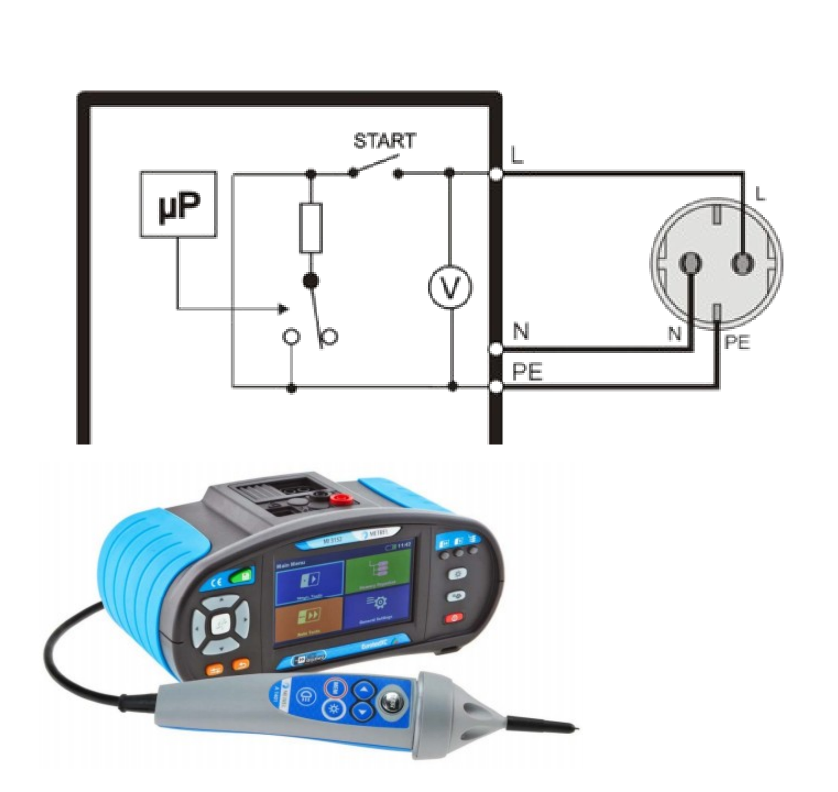


ras mediciones realizadas por el equipo de Metrel

IEC 61557-3

Medición práctica de la Impedancia de bucle para sistemas TT ó TN



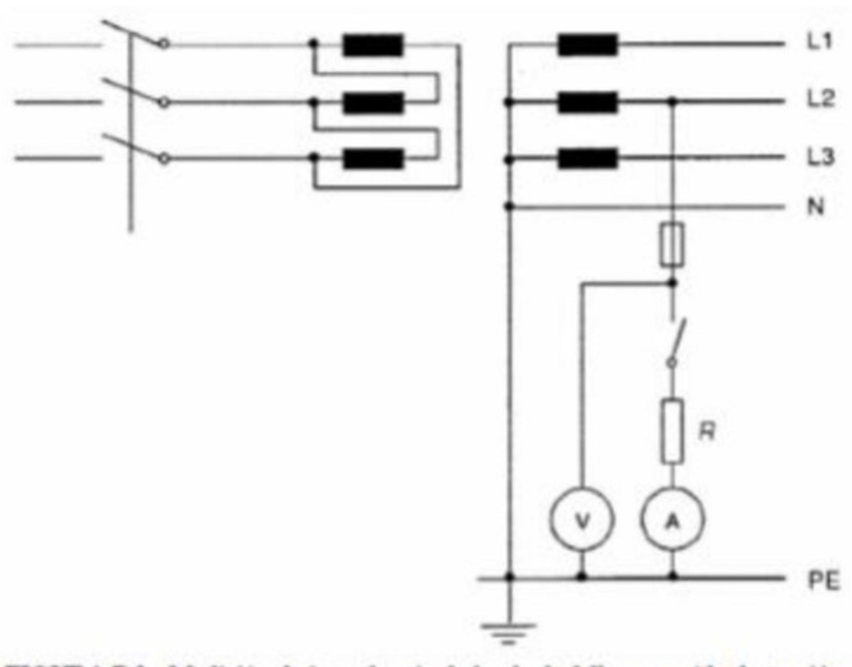


FIGURA B.1 - Medición de impedancia de bucle de falla por caída de tensión.

NTP 370.304 2012
pág. 19










Valores de impedancia de bucle permisibles para interruptores termomagnéticos



La siguiente tabla muestra los valores máximos permitidos de impedancia de bucle en instalaciones con tensión nominal U_{L-N} = 220 V, protegida por interruptores magnetotérmicos tipos B, C y K.

Corriente nominal del dispositivo de protección (A)	Interruptor magnetotérmico tipo B		Interruptor magnetotérmico tipo C		Interruptor magnetotérmico tipo D	
	Ia=5·In (A)	Zs (Ω) (0,2s)	Ia=10·In (A)	Zs (Ω) (0,2s)	Ia=20·In (A)	Zs (Ω) (0,2s)
2	10	22	20	11	40	5,5
4	20	11	40	5,5	80	2,8
6	30	7,3	60	3,65	120	1,83
10	50	4,4	100	2,2	200	1,1
16	80	2,8	160	1,4	320	0,7
20	100	2,2	200	1,1	400	0,55
25	125	1,8	250	0,9	500	0,45
32	160	1,4	320	0,7	640	0,34
35	175	1,3	350	0,65	700	0,31
40	200	1,1	400	0,55	800	0,27
50	250	0,9	500	0,45	1000	0,22
63	315	0,7	630	0,35	1260	0,17

Tabla 8. *Máximas impedancias de bucle permitidas para circuitos protegidos por interruptores magnetotérmicos tipos B, C y D.*

Ejm:
Tensión de falla a tierra: UL-N=220V
Para que actúe el interruptor termo-magnético Tipo B debe estar en zona de cortocircuito, es decir 5 veces la corriente nominal, Ifalla=5 x 2A=10A, Z=UL-N/Ifalla=220V/10A=22 Ohm, pero si la corriente de falla es menor por ejm 1A, no actuaría el interruptor termo-magnético, porque la impedancia es Z=220V/1A=220 ohm, valor superior al permisible.

Resultado = $Z_{sec} + R_{L1} + R_{PE} + R_E + R_G + R_O = Z_s$

donde:

Z_{sec} .... Impedancia del secundario del transformador.
R_{L1} .... Resistencia del conductor de fase entre el transformador y la toma de corriente donde se hace la prueba.
R_{PE} .... Resistencia del conductor de protección entre la toma de corriente y el transformador.
R_E.................. Resistencia de la pica de tierra de la instalación.
R_G..................Resistencia del terreno entre la pica y el transformador.
R_O .... Resistencia de la pica de tierra del transformador.

El instrumento se conecta a la tensión del sistema actuando como una resistencia de carga, y genera la corriente de defecto que circula según el bucle mostrado en las figuras 57 y 58 (línea a trazos). La caída de tensión provocada por la corriente de prueba en la resistencia interna R_L del instrumento es medida por el voltímetro interno del instrumento. También se mide el desfase entre la tensión del sistema y la corriente de prueba. En base a los parámetros medidos el instrumento calcula la impedancia de bucle de defecto Zs (Z_{LOOP}).

*Los instrumentos avanzados de hoy en día muestran simultáneamente el valor de dicha impedancia de bucle y el valor de la posible corriente de cortocircuito **Ipcc**, calculada según la siguiente expresión:*

$I_{pcc} = U_n \cdot 1{,}06 / Z_{LOOP}$

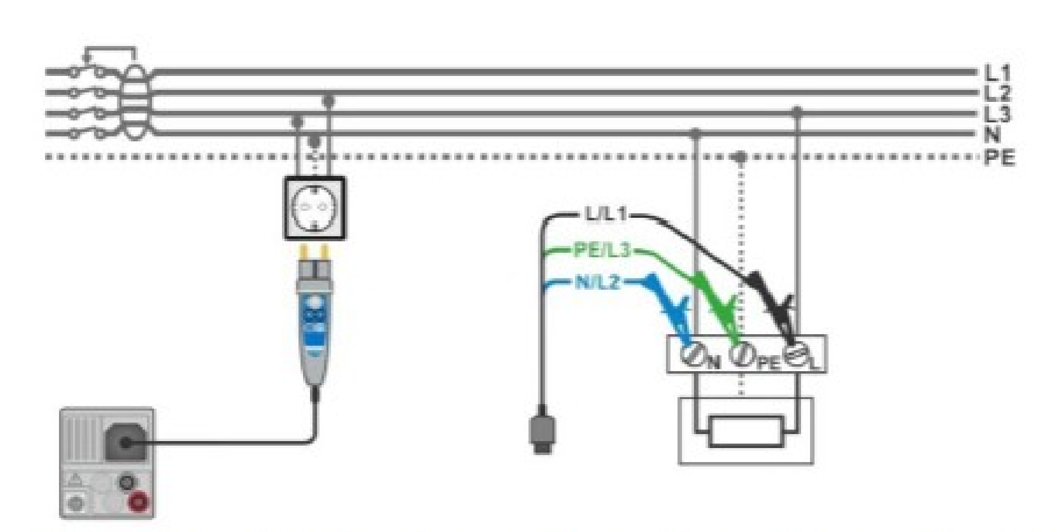
donde:

Ipcc .... Posible corriente de cortocircuito del bucle de defecto creado.
Un .... Tensión nominal del sistema entre fase y conductor de protección Conectado a tierra (220 V ó 230 V).
Z_{LOOP} .... Impedancia de bucle de defecto.






DISPOSITIVOS DE CORTE DIFERENCIAL (RCD)
NTP 370.304 – IEC 61557-6

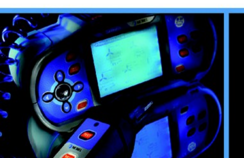




Para asegurar un funcionamiento correcto del interruptor diferencial se deben verificar los siguientes parámetros:

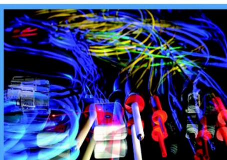
- **Tensión de contacto Uc.**
- **Tiempo de disparo t∆.**
- **Corriente de disparo I∆.**
- **Pruebas de RCD automático.**

"En los esquemas IT puede ser necesario conectar un punto de la alimentación a tierra durante el ensayo, para que el RCD actúe"







Verificación de los dispositivos de corriente residual (RCD)

Método 1 de la NTP 370.304 *"Una resistencia Rp debe ser conectada aguas abajo del dispositivo de corriente residual (RCD) entre el conductor activo y masa".*

Método descrito por la NTP y aplicado por Metrel

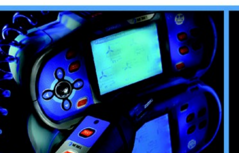
μP
R
START
N
PE
L
IΔn
Transformer
L
N
MPE
PE
R_E

L1
L2
L3
N
RCD
R_p
V
A
M

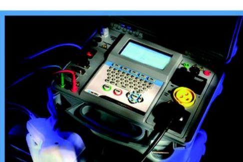
NTP 370.304 2012 pág. 22

FIGURA C.1 – Verificación de la actuación de los dispositivos RCDs

"La apertura del RCD debe ocurrir para una corriente I menor que la corriente residual diferencial nominal de actuación In".









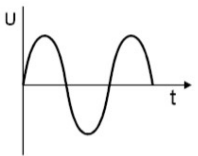



METREL®

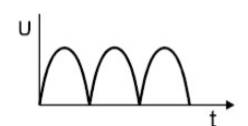
Tipos de interruptores diferenciales

- Por tipo de forma de onda

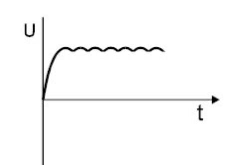
Tipo AC: Sensible a corriente diferencial alterna AC, comúnmente usado.



Tipo A: Además de la corriente alterna, a señales pulsantes, rectificada o semirectificada.



Tipo B: Además de los dos tipo de corriente Vistos, a señales de corriente pura o semi pura.



En cuanto al tiempo de disparo de los interruptores diferenciales existen dos tipos

-Tiempo estándar(disparo instantáneo).

-Tiempo selectivo (disparo Retardado).











Tiempo y valores permisibles en interruptores diferenciales

METREL®

Por el rango de valor permisible de corriente

El rango de valores de corriente de disparo permitido *lo establece la Norma EN 61009 y depende dl tipo de interruptor diferencial (AC, A ó B) tal y como se describe a continuación:*

I_Δ = (de 0,5 a 1) × $I_{\Delta n}$ .... tipo AC
I_Δ = (de 0,35 a 1,4) × $I_{\Delta n}$ .... tipo A
I_Δ = (de 0,5 a 2) × $I_{\Delta n}$ .... tipo B

Por el tiempo de actuación del diferencial

Los máximos valores permitidos *del tiempo de disparo son definidos por la Norma EN 61009 y se listan en la tabla a continuación:*

Tipo de RCD	$I_{\Delta n}$	$2 \cdot I_{\Delta n}$	$5 \cdot I_{\Delta n}$*	Observación
Estandar	0,3 s	0,15 s	0,04 s	*Valor máximo permitido*
Selectivo	0,5 s	0,2 s	0,15 s	*Valor máximo permitido*
	0,13 s	0,06 s	0,05 s	*Valor mínimo permitido*

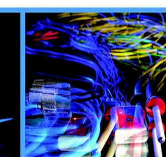
** Se debe usar una corriente de prueba de 0,25A en vez de $5 \cdot I_{\Delta n}$ en caso de corrientes diferenciales nominales $I_{\Delta n} \leq 30$ mA.*

Table 4. *Valores máximos/mínimos de tiempo de disparo según la Norma EN 61009*







Ensayo de Polaridad

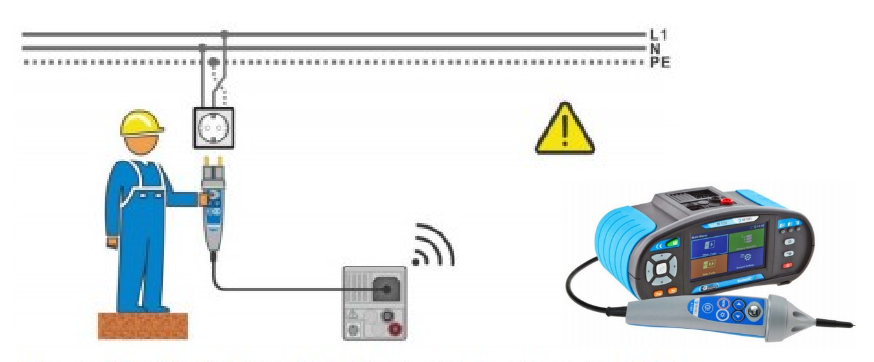
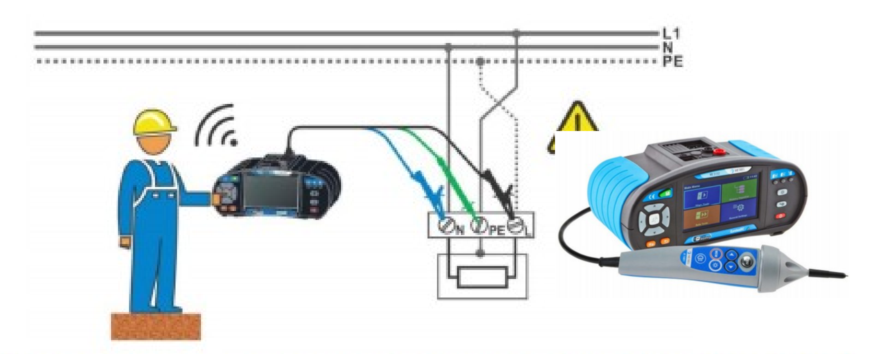


Figura 1.1: Conductores L y PE invertidos (commander)



Conductores L y PE invertidos (uso de la punta de prueba con tres hilos)



¡Advertencia! ¡Tensión peligrosa en el borne PE (tierra)! ¡Interrumpa inmediatamente la actividad y elimine el fallo / problema de conexión antes de continuar con cualquier actividad!

Habrá un pitido de advertencia continuo.

Ensayo de polaridad

7.6. "*Cuando las normas prohíben la instalación de dispositivos de corte unipolares sobre el conductor neutro, debe efectuarse un* ***ensayo de polaridad para verificar que estos dispositivos son instalados únicamente sobre el conductor de fase".***

Una situación peligrosa

¡Conductores de fase y protección invertido! ¡Si se detecta tensión peligrosa en el borne PE (conexión a tierra) que se está probando, pare de medir inmediatamente y asegúrese de eliminar la causa del error antes de continuar.

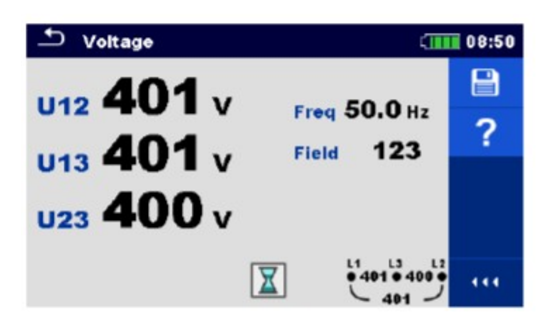




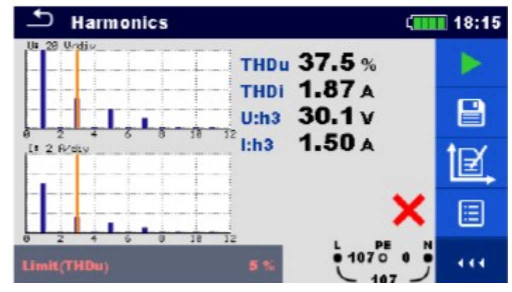




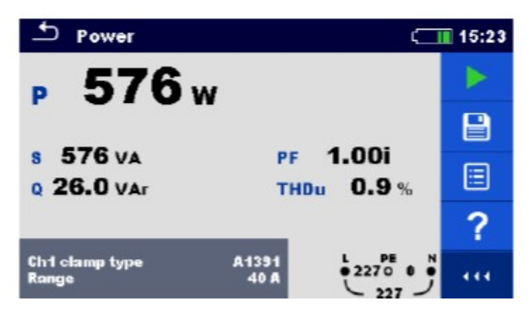

Ensayos de funcionamiento



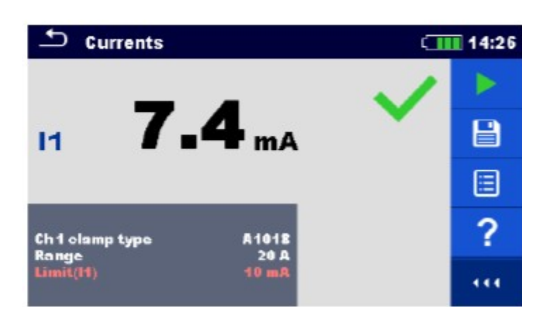
Secuencia de fase



Armónicos



Potencia



Medición de corrientes de carga y de fuga

"7.8 El conexionado de aparatos, motores y sus auxiliares, accionamientos, bloqueos, etc., deben someterse a un ensayo funcional, con el fin de verificar, que se han montado correctamente, regulados e instalados conforme a los requerimientos de esta NTP



Se recomienda acompañar estas pruebas al ensayo de funcionamiento del equipo



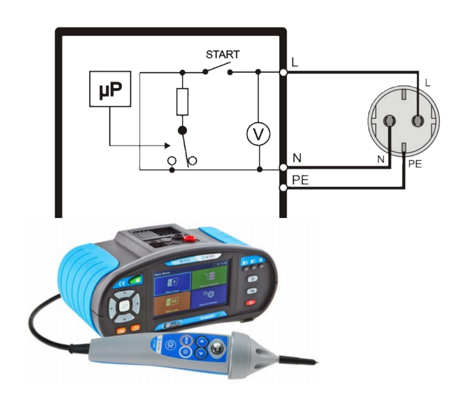




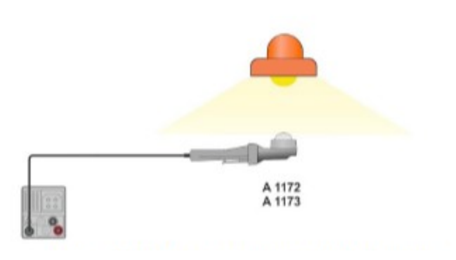



Otras mediciones

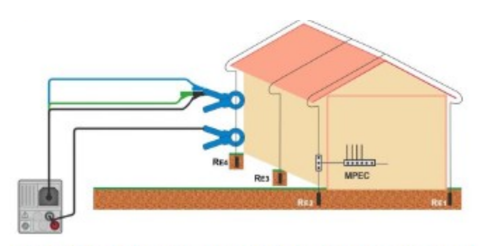
Impedancia de línea y posible corriente de cortocircuito



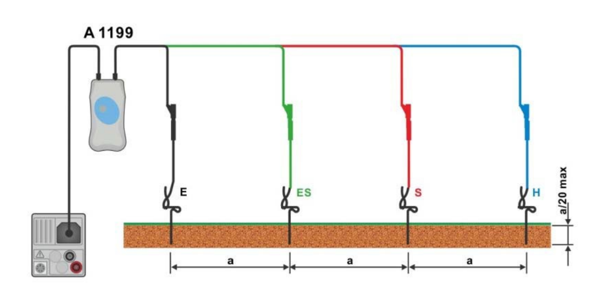
Iluminación (Lux)



Medición de resistencia de puesta A tierra con dos pinzas



Resistividad del terreno













Pruebas con autosecuencia



AUTO SEQUENCE®

Una comprobación de la seguridad simple y rápida con solo pulsar un botón

–

Sin necesidad de un operario especialmente formado!

Sin desconexión de los interruptores!

Sin calcular los valores resultantes!

Sin comparar los resultados con sus límites!

Un concepto revolucionario para los procedimientos de comprobación de la seguridad










ediciones de seguridad en Instalaciones de Baja Tensión

METREL®

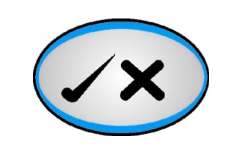
IEC 60364, EN 61008, EN 61009, DIN 5032, AS/NZ 3017, BS 7671.

Nuevo comprobador de instalaciones multifunción

AUTO SEQUENCE®

Todas las pruebas de seguridad según la EN 61557





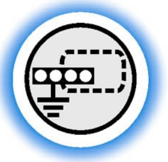
Test de PASA/ERROR en todas las mediciones

- **Tensión y Frecuencia**
- **Comprobador de fases**





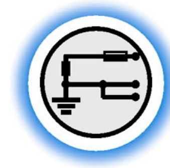
- **Continuidad +/- 200mA**



- **Aislamiento 50, 100, 250, 500 y 1000V**

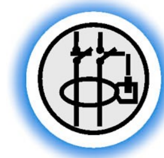


- **Impedancias de Línea/Bucle con comprobador de diferenciales y cálculo de la Ipcc**



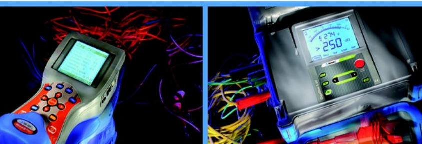


- **RCD corriente y tiempo de disparo, Cálculo de la caída de Tensión y Resistencia de tierra**



















Norma Técnica Peruana 370.310 2005

“Esta Norma Técnica Peruana establece la aplicación de las ***medidas para garantizar la seguridad mediante la certificación de las instalaciones eléctricas en viviedas unifamiliares con una potencia contratada hasta 3kW****, así como las acciones a realizar para el mantenimiento periódico de la instalación eléctrica de manera de garantizar su seguridad”.*

NORMA TÉCNICA PERUANA — NTP 370.310 2005

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145 — Lima, Perú

CERTIFICACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES CON UNA POTENCIA CONTRATADA HASTA 3 kW

CERTIFICACTION AND SERVICE OF ELECTRIC INSTALLATIONS IN SINGLE-FAMILY DWELLINGS WITH CONTRACTED POWER UNTIL 3 kW

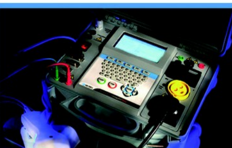
2005-08-04
1ª Edición

Mediciones:

- ✓**Continuidad del conductor de protección.**
- ✓**Resistencia de aislamiento de la instalación eléctrica.**
- ✓**Resistencia de puesta a tierra.**

Nota:
Las verificaciones deberían efectuarse en viviendas unifamiliares o unidades de vivienda en propiedad horizontal cada 5 años.





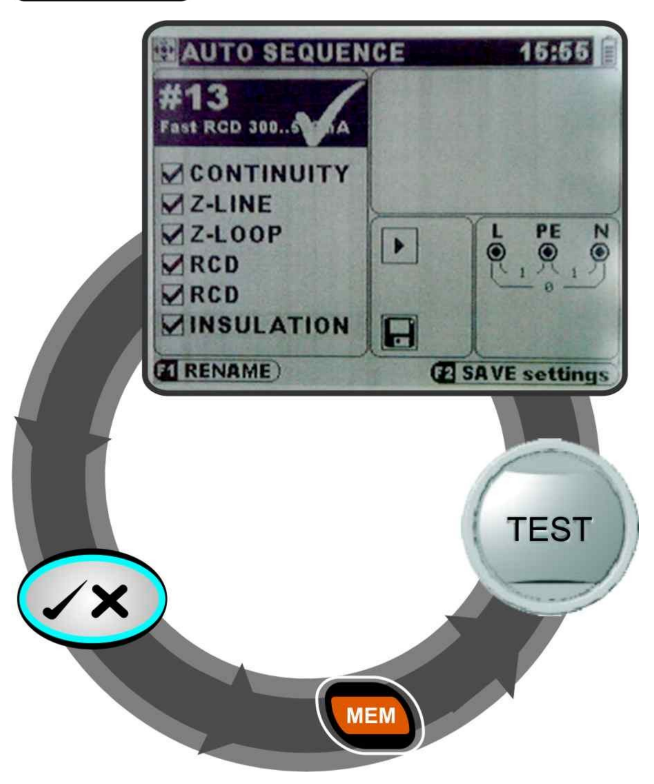


¿Cuáles son los beneficios?



El método de comprobación AUTO SEQUENCE ® exclusivo de Metrel facilita enormemente la evaluación y la *CERTIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD*:

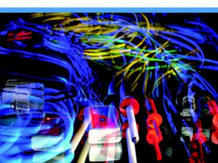
- **Ahorro de tiempo acelerando el trabajo de los operarios.**
- **Simplificación y mejora de la comprensión de los métodos de prueba.**
- **Mayor fiabilidad, se guardan al mismo tiempo varios resultados con sus correspondientes parámetros.**
- **Verificación inmediata, evaluación automática de la seguridad con indicación pasa/error para cada prueba y de forma simultanea.**
- **Uso seguro, detecta automáticamente posibles riesgos para la seguridad del operario a través de la tecla TEST del electrodo de contacto PE.**











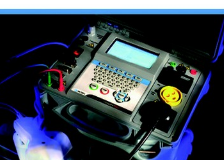


DEMONSTRATION BOARD - Electric installation
MA 2067

METREL®

Outlet 2
Lamp 2
IT system
Outlet 3
Insulation transformer
Computer system
Switch-board S2
Switch-board S3
Washing machine
P_n=2kW
EC2
EC3
F 5 F 6 F 7 F 8 F 9
B10 B10 B10
LOOP 3 LOOP 4 LOOP 5
J5
Lamp 1
FI shorting
J1 J3 J4
TN/TT
LOOP 1
Switch-board S1
EC1
F 1 F 2 F 3 F 4
B6 B6 B6 B6
Outlet 1
3-ph. outlet
LR1 LR2
L1 L2 L3
CON1 CON2
MPE
J2
BG
LOOP 2
A
B
d<2,5m
Radiator
P_n=3kW
3-ph. motor
Insulation
Basic grounding system
Telephone connection
CCTV
Heat inst.
Water
Gas
AUX rod1
AUX rod2
C1 P1 P2 C2
ρ=2πaR
Lightning rod 1
Lightning rod 2









Gracias

Marco Cornelio
mcornelio@logytec.com.pe

